

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-308703

(43) 公開日 平成10年(1998)11月17日

(51) IntCl. <sup>8</sup>	識別記号	F I	
H 0 4 B	10/02	H 0 4 B	9/00
	10/18	G 0 2 F	1/35
G 0 2 F	1/35	H 0 1 S	3/18
H 0 1 S	3/18	H 0 4 J	1/00
H 0 4 J	14/00	H 0 4 B	9/00

M

E

審査請求 未請求 請求項の数41 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-51614

(22) 出願日 平成10年(1998) 3 月 4 日

(31) 優先権主張番号 特願平9-50738

(32) 優先日 平 9 (1997) 3 月 5 日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72) 発明者 宮崎 敬史

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 大昔 義之 (外1名)

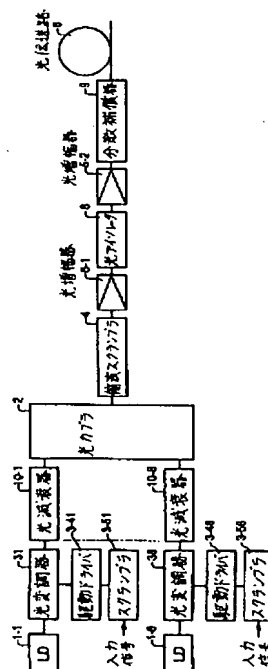
(54) 【発明の名称】 光伝送装置及び光伝送方法並びに光通信システム

(57) 【要約】

【課題】 光伝送路中を波長分割多重 (WDM) 信号を伝送させて、誘導ブリルアン散乱 (S B S) の効果を減少させる方法及び装置を提供する。

【解決手段】 WDM信号は複数の光信号を多重化したものを含んでいる。WDM信号は、光信号1つ当たりの強度を、単一の信号光を個々に光伝送路6を伝送させるとS B Sが発生する強度の閾値よりも強くなるようにして、光伝送路6へ送信される。

本発明の実施例の光通信システムの送信側を示す図



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の波長の光信号を多重化した波長分割多重（WDM）信号を送信する光送信装置であって、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときに誘導ブリルアン散乱（SBS）が発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも、光信号1つ当たりの強度において強い前記WDM信号を、該光伝送路へ送信する送信器を有する、

ことを特徴とする光送信装置。

【請求項2】 前記WDM信号は、少なくとも6つの前記光信号が多重化されていることを特徴とする請求項1に記載の光送信装置。

【請求項3】 前記光信号をM系列7段以上の擬似ランダムデータで強度変調する変調器を更に有することを特徴とする請求項1に記載の光送信装置。

【請求項4】 前記複数の光信号は、複数の波長をそれぞれ有し、該複数の波長の波長間隔が1nm以下であることを特徴とする請求項1に記載の光送信装置。

【請求項5】 前記多重化してWDM信号とする各光信号の強度は、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときにSBSが発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも強いことを特徴とする請求項1に記載の光送信装置。

【請求項6】 前記多重化してWDM信号とする各光信号の強度は、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときにSBSが発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも強いことを特徴とする請求項2に記載の光送信装置。

【請求項7】 光伝送路と、それぞれ他とは異なる波長である複数の光信号を個々に発生させる複数の光源と、前記複数の光信号をそれぞれ変調する複数の変調部と、前記変調された複数の光信号を多重化して波長分割多重（WDM）信号にする多重化器と、を有し、前記WDM信号は、単一の光信号を個々に前記光伝送路へ送信したときに誘導ブリルアン散乱（SBS）が発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも、光信号1つ当たりの強度において強くして、該光伝送路を通して伝送させる、

ことを特徴とする光伝送装置。

【請求項8】 前記光伝送路を通して伝送させる前記WDM信号を増幅する光増幅器を更に有することを特徴とする請求項7に記載の光伝送装置。

【請求項9】 前記多重化器は、前記変調された光信号を多重化するカプラで構成されていることを特徴とする請求項7に記載の光伝送装置。

【請求項10】 前記WDM信号は、少なくとも6つの前記光信号が多重化されていることを特徴とする請求項7に記載の光伝送装置。

【請求項11】 前記変調部は、

データ信号にスクランブルをかけるスクランブラと、該変調部への個々の前記光信号を前記スクランブルをかけられたデータ信号で変調する変調器と、で構成されていることを特徴とする請求項7に記載の光伝送装置。

【請求項12】 前記スクランブラは、M系列7段以上の擬似ランダムデータで前記データ信号にスクランブルをかけることを特徴とする請求項11に記載の光伝送装置。

【請求項13】 前記変調された光信号は、NRZ信号であることを特徴とする請求項11に記載の光伝送装置。

【請求項14】 前記変調部は、前記光信号をデジタル振幅変調することを特徴とする請求項11に記載の光伝送装置。

【請求項15】 前記複数の光信号は、該光信号それぞれの波長の波長間隔が1nm以下であることを特徴とする請求項7に記載の光伝送装置。

【請求項16】 前記伝送路を通して伝送させる前記WDM信号の分散を補償する分散補償器を更に有することを特徴とする請求項7に記載の光伝送装置。

【請求項17】 前記多重化してWDM信号とする各光信号の強度は、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときにSBSが発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも強いことを特徴とする請求項7に記載の光伝送装置。

【請求項18】 光伝送路と、それぞれ他とは異なる波長である光信号を個々に発生させる少なくとも6つの光源と、前記少なくとも6つの光源に個々に対応し、該光源で発生させる光信号を変調する少なくとも6つの変調器と、前記変調された光信号を多重化して波長分割多重（WDM）信号にする多重化器と、を有し、前記WDM信号は、単一の光信号を個々に前記光伝送路へ送信したときに誘導ブリルアン散乱（SBS）が発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも、光信号1つ当たりの強度において強くして、該光伝送路を通して伝送させる、

ことを特徴とする光通信システム。

【請求項19】 前記多重化してWDM信号とする各光信号の強度は、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときにSBSが発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも強いことを特徴とする請求項18に記載の光通信システム。

【請求項20】 光伝送路と、それぞれ他とは異なる波長である光信号を個々に発生させる少なくとも6つの光源と、前記光信号を多重化して波長分割多重（WDM）信号に

する多重化器と、

を有し、

前記WDM信号は、単一の光信号を個々に前記光伝送路へ送信したときに誘導ブリルアン散乱（SBS）が発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも、光信号1つ当たりの強度において強くして、該光伝送路を通して伝送させる、

ことを特徴とする光通信システム。

【請求項21】 前記多重化してWDM信号とする各光信号の強度は、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときにSBSが発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも強いことを特徴とする請求項20に記載の光通信システム。

【請求項22】 複数の波長の光信号を多重化した波長分割多重（WDM）信号を送信する方法であって、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときに誘導ブリルアン散乱（SBS）が発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも、光信号1つ当たりの強度において強い前記WDM信号を、該光伝送路へ送信する、ことを特徴とする光送信方法。

【請求項23】 前記WDM信号は、少なくとも6つの前記光信号が多重化されていることを特徴とする請求項22に記載の光送信方法。

【請求項24】 前記光信号は、M系列7段以上の擬似ランダムデータで強度変調されることを特徴とする請求項22に記載の光送信方法。

【請求項25】 前記複数の光信号は、複数の波長をそれぞれ有し、該複数の波長の波長間隔が1nm以下であることを特徴とする請求項22に記載の光送信方法。

【請求項26】 前記多重化してWDM信号とする各光信号の強度は、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときにSBSが発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも強いことを特徴とする請求項22に記載の光送信方法。

【請求項27】 前記多重化してWDM信号とする各光信号の強度は、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときにSBSが発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも強いことを特徴とする請求項23に記載の光送信方法。

【請求項28】 少なくとも6つの光信号を混合して波長分割多重（WDM）信号とし、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときに誘導ブリルアン散乱（SBS）が発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも、光信号1つ当たりの強度において強い前記WDM信号を、該光伝送路へ送信する、ことを特徴とする光送信方法。

【請求項29】 前記多重化してWDM信号とする各光信号の強度は、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときにSBSが発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも強いことを特徴とする請求項28に記載の光送信

方法。

【請求項30】 光伝送路と、

複数の光信号を多重化してなる波長分割多重（WDM）信号であって、単一の光信号を個々に前記光伝送路へ送信したときに誘導ブリルアン散乱（SBS）が発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも、光信号1つ当たりの強度において強くした該WDM信号を該光伝送路へ送信する送信機と、

前記光伝送路を通して伝送された前記WDM信号を受信する受信機と、

を有することを特徴とする光通信システム。

【請求項31】 前記WDM信号は、該WDM信号を構成するそれぞれの光信号の強度が、単一の光信号を個々に前記光伝送路へ送信したときにSBSが発生する強度の閾値よりも強くなるように送信されることを特徴とする請求項30に記載の光通信システム。

【請求項32】 前記WDM信号は、少なくとも6つの前記光信号が多重化されていることを特徴とする請求項30に記載の光通信システム。

【請求項33】 光伝送路を通して伝送され、複数の光信号を多重化してなる波長分割多重（WDM）信号であって、単一の光信号を個々に該光伝送路へ送信したときに誘導ブリルアン散乱（SBS）が発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも、光信号1つ当たりの強度において強くした該WDM信号を受信する受信器を有することを特徴とする光受信装置。

【請求項34】 前記WDM信号は、該WDM信号を構成するそれぞれの光信号の強度が、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときにSBSが発生する強度の閾値よりも強くなるように送信されていることを特徴とする請求項33に記載の光受信装置。

【請求項35】 前記WDM信号は、少なくとも6つの前記光信号が多重化されていることを特徴とする請求項33に記載の光受信装置。

【請求項36】 複数の光信号を多重化してなる波長分割多重（WDM）信号であって、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときに誘導ブリルアン散乱（SBS）が発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも、光信号1つ当たりの強度において強くした該WDM信号を該光伝送路へ送信し、

前記光伝送路を通して伝送された前記WDM信号を受信する、

ことを特徴とする光伝送方法。

【請求項37】 前記WDM信号は、該WDM信号を構成するそれぞれの光信号の強度が、単一の光信号を個々に前記光伝送路へ送信したときにSBSが発生する強度の閾値よりも強くなるように送信されることを特徴とする請求項36に記載の光伝送方法。

【請求項38】 前記WDM信号は、少なくとも6つの前記光信号が多重化されていることを特徴とする請求項

36に記載の光伝送方法。

【請求項39】 光伝送路を通して伝送され、複数の光信号を多重化してなる波長分割多重(WDM)信号であって、単一の光信号を個々に該光伝送路へ送信したときに誘導ブリルアン散乱(SBS)が発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも、光信号1つ当たりの強度において強くした該WDM信号を受信することを特徴とする光受信方法。

【請求項40】 前記WDM信号は、該WDM信号を構成するそれぞれの光信号の強度が、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときにSBSが発生する強度の閾値よりも強くなるように送信されていることを特徴とする請求項39に記載の光受信方法。

【請求項41】 前記WDM信号は、少なくとも6つの前記光信号が多重化されていることを特徴とする請求項39に記載の光受信方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長分割多重(WDM)信号を、誘導ブリルアン散乱(SBS)の影響を低減、あるいは除去して光伝送路を通して伝送させる技術に関する。

【0002】

【従来の技術】今日、情報の大容量化に伴い、光ファイバ伝送路を用いた光通信システムが使用されている。一般的な光通信システムでは、光源をデータで変調し、変調された光が光ファイバ伝送路に入力されて伝送され、伝送された変調光を受信した受信機が、それを復調して元のデータを取得している。

【0003】光ファイバ伝送路に入力する光強度がある閾値を超えると、誘導ブリルアン散乱(Stimulated Brillouin Scattering; 以下、SBSと称す)により、伝送品質が低下してしまう。

【0004】より正確に述べると、SBSは、光源からのコヒーレント光がある特定の光強度を超えて光ファイバ伝送路に入力されるときに、光ファイバ伝送路において非線形効果が発生して、その光の強度が次第に増加する現象である。SBSにより、強い光強度を持つ光は入力側に戻ってしまい、この戻り光が光源に好ましくない影響を与えることとなる。

【0005】特に、光源が半導体レーザで、その半導体レーザで発生させる光の増幅にファイバ増幅器が用いられる場合には、SBSが厳しい悪影響を及ぼしてしまう。従って、光源で発生させ、光ファイバ伝送路に入力する光の強度は光ファイバ伝送路のSBSの閾値によって制限されてしまい、その結果、伝送距離が制限されてしまう。

【0006】SBSを抑圧するため、様々な公知技術が利用可能となっている。例えば、光源の光強度をSBSの閾値以下にする技術などがある。この技術について

は、例えば、特公平3-4141 (USP.No.4,560,246)に開示されている。

【0007】公知技術の中で、光ファイバ伝送路に入力される光信号の光周波数もしくは位相をコヒーレントな光のスペクトルに広げるように変調して、SBSを抑圧する技術がある。この技術については、例えば、“Nonlinear fiber optics” (Govind P. Agrawal, Academic Press, Inc., 1989)の268頁から269頁に開示されている。

10 【0008】波長分割多重伝送方式(Wavelength Division Multiplex; 以下、WDMと称す)を用いる光通信システムにおいても、SBSは発生する。一般に、WDMは比較的大容量のデータを高速に伝送する光通信システムに用いられている。WDMでは、情報で変調されている複数の光信号を混合させてWDM光とし、このWDM光が単一の光ファイバ(光ファイバ伝送路)を通して受信機へと伝送される。受信機がこのWDM光を個々の光信号に分割すると、個々の光信号が検出できるようになる。通信システムは、こうして比較的大容量のデータを単一の光ファイバで伝送することを可能としている。

【0009】WDMを使用する光通信システムでは、前述した公知技術を用いることでSBSを抑圧することが可能である。例えば、WDM信号を含む光信号を、光ファイバのSBSの閾値以下の強度に設定することは可能である。あるいは、WDMを使用する光通信システムで、光源で発生させた光信号の周波数もしくは位相を、SBSが抑圧されるように変調することも可能である。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】SBSを抑圧する前述の公知技術では、光源で発生させる光信号の強度を、SBSの閾値以下となるように制限する必要があった。従って、多重してWDM信号とする光信号の多重数が増加すると、光信号当たりの強度は一層減少してしまい、その結果、WDM信号の伝送距離を縮めてしまっていた。

【0011】本発明の課題は、WDMを使用する光通信システムにおいて、SBSの閾値を上回る光の強度を光源で発生させても、SBSを抑圧する方法及び装置を提供することである。

【0012】

40 【課題を解決するための手段】前述の本発明の課題は、光ファイバ伝送路を通してWDM信号を伝送させる以下の装置及び方法を提供することで解決される。この装置及び方法では、WDM信号は、多重化された複数の光信号を含んでおり、WDM信号の光信号当たりの強度が、単一の光信号を個々に光伝送路を伝送させるとSBSが発生する強度の閾値より強くして、光伝送路へ送信される。WDM信号は、少なくとも6つの信号が多重されて含まれていることが望ましい。更に、光信号それぞれの強度を、単一の光信号を個々に光伝送路を伝送させるとSBSが発生する強度の閾値より強くすることができ

る。

【0013】先の課題は、SBSを抑圧する以下の光通信システムを提供することによっても解決できる。このシステムでは、少なくとも6つの光源がそれぞれに対応する光信号を発生させる。それぞれの光源で発生させる光信号は、それぞれ他の光源で発生させる光信号とは異なる波長とする。少なくとも6つの変調器がそれぞれ少なくとも6つの光源に対応している。それぞれの変調器は対応する光源で発生させる光信号を変調する。マルチプレクサ(多重器)は変調された光信号を多重化してWDM信号にする。このWDM信号は、そのWDM信号の光信号当たりの強度が、単一の光信号を個々に光伝送路を伝送させるとSBSが発生する強度の閾値より強くして、光伝送路に送信される。

【0014】前述の課題を解決する発明である、請求項1に記載の光送信装置は、複数の波長の光信号を多重化した波長分割多重(WDM)信号を送信する光送信装置であって、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときに誘導ブリルアン散乱(SBS)が発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも、光信号1つ当たりの強度において強い前記WDM信号を、該光伝送路へ送信する送信器を有する、ことを特徴とするものである。

【0015】また、請求項2に記載の光送信装置は、請求項1に記載の発明の特徴に加え、前記WDM信号は、少なくとも6つの前記光信号が多重化されていることを特徴とするものである。

【0016】また、請求項3に記載の光送信装置は、請求項1に記載の発明の特徴に加え、前記光信号をM系列7段以上の擬似ランダムデータで強度変調する変調器を更に有することを特徴とするものである。

【0017】また、請求項4に記載の光送信装置は、請求項1に記載の発明の特徴に加え、前記複数の光信号は、複数の波長をそれぞれ有し、該複数の波長の波長間隔が1nm以下であることを特徴とするものである。

【0018】また、請求項5に記載の光送信装置は、請求項1に記載の発明の特徴に加え、前記多重化してWDM信号とする各光信号の強度は、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときにSBSが発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも強いことを特徴とするものである。

【0019】また、請求項6に記載の光送信装置は、請求項2に記載の発明の特徴に加え、前記多重化してWDM信号とする各光信号の強度は、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときにSBSが発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも強いことを特徴とするものである。

【0020】また、請求項7に記載の光伝送装置は、光伝送路と、それぞれ他とは異なる波長である複数の光信号を個々に発生させる複数の光源と、前記複数の光信号をそれぞれ変調する複数の変調部と、前記変調された複

数の光信号を多重化して波長分割多重(WDM)信号にする多重化器と、を有し、前記WDM信号は、単一の光信号を個々に前記光伝送路へ送信したときに誘導ブリルアン散乱(SBS)が発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも、光信号1つ当たりの強度において強くして、該光伝送路を通して伝送させる、ことを特徴とするものである。

【0021】また、請求項8に記載の光伝送装置は、請求項7に記載の発明の特徴に加え、前記光伝送路を通して伝送させる前記WDM信号を増幅する光増幅器を更に有することを特徴とするものである。

【0022】また、請求項9に記載の光伝送装置は、請求項7に記載の発明の特徴に加え、前記多重化器は、前記変調された光信号を多重化するカプラで構成されていることを特徴とするものである。

【0023】また、請求項10に記載の光伝送装置は、請求項7に記載の発明の特徴に加え、前記WDM信号は、少なくとも6つの前記光信号が多重化されていることを特徴とするものである。

【0024】また、請求項11に記載の光伝送装置は、請求項7に記載の発明の特徴に加え、前記変調部は、データ信号にスクランブルをかけるスクランブラと、該変調部への個々の前記光信号を前記スクランブルをかけられたデータ信号で変調する変調器と、で構成されていることを特徴とするものである。

【0025】また、請求項12に記載の光伝送装置は、請求項11に記載の発明の特徴に加え、前記スクランブラは、M系列7段以上の擬似ランダムデータで前記データ信号にスクランブルをかけることを特徴とするものである。

【0026】また、請求項13に記載の光伝送装置は、請求項11に記載の発明の特徴に加え、前記変調された光信号は、NRZ信号であることを特徴とするものである。また、請求項14に記載の光伝送装置は、請求項11に記載の発明の特徴に加え、前記変調部は、前記光信号をデジタル振幅変調することを特徴とするものである。

【0027】また、請求項15に記載の光伝送装置は、請求項7に記載の発明の特徴に加え、前記複数の光信号は、該光信号それぞれの波長の波長間隔が1nm以下であることを特徴とするものである。

【0028】また、請求項16に記載の光伝送装置は、請求項7に記載の発明の特徴に加え、前記伝送路を通して伝送させる前記WDM信号の分散を補償する分散補償器を更に有することを特徴とするものである。

【0029】また、請求項17に記載の光伝送装置は、請求項7に記載の発明の特徴に加え、前記多重化してWDM信号とする各光信号の強度は、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときにSBSが発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも強いことを特徴とするもので

ある。

【0030】また、請求項18に記載の光通信システムは、光伝送路と、それぞれ他とは異なる波長である光信号を個々に発生させる少なくとも6つの光源と、前記少なくとも6つの光源に個々に対応し、該光源で発生させる光信号を変調する少なくとも6つの変調器と、前記変調された光信号を多重化して波長分割多重(WDM)信号にする多重化器と、を有し、前記WDM信号は、単一の光信号を個々に前記光伝送路へ送信したときに誘導ブリルアン散乱(SBS)が発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも、光信号1つ当たりの強度において強くして、該光伝送路を通して伝送させる、ことを特徴とするものである。

【0031】また、請求項19に記載の光通信システムは、請求項18に記載の発明の特徴に加え、前記多重化してWDM信号とする各光信号の強度は、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときにSBSが発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも強いことを特徴とするものである。

【0032】また、請求項20に記載の光通信システムは、光伝送路と、それぞれ他とは異なる波長である光信号を個々に発生させる少なくとも6つの光源と、前記光信号を多重化して波長分割多重(WDM)信号にする多重化器と、を有し、前記WDM信号は、単一の光信号を個々に前記光伝送路へ送信したときに誘導ブリルアン散乱(SBS)が発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも、光信号1つ当たりの強度において強くして、該光伝送路を通して伝送させる、ことを特徴とするものである。

【0033】また、請求項21に記載の光通信システムは、請求項20に記載の発明の特徴に加え、前記多重化してWDM信号とする各光信号の強度は、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときにSBSが発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも強いことを特徴とするものである。

【0034】また、請求項22に記載の光送信方法は、複数の波長の光信号を多重化した波長分割多重(WDM)信号を送信する方法であって、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときに誘導ブリルアン散乱(SBS)が発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも、光信号1つ当たりの強度において強い前記WDM信号を、該光伝送路へ送信する、ことを特徴とするものである。

【0035】また、請求項23に記載の光送信方法は、請求項22に記載の発明の特徴に加え、前記WDM信号は、少なくとも6つの前記光信号が多重化されていることを特徴とするものである。

【0036】また、請求項24に記載の光送信方法は、請求項22に記載の発明の特徴に加え、前記光信号は、M系列7段以上の擬似ランダムデータで強度変調されることを特徴とするものである。

【0037】また、請求項25に記載の光送信方法は、請求項22に記載の発明の特徴に加え、前記複数の光信号は、複数の波長をそれぞれ有し、該複数の波長の波長間隔が1nm以下であることを特徴とするものである。

【0038】また、請求項26に記載の光送信方法は、請求項22に記載の発明の特徴に加え、前記多重化してWDM信号とする各光信号の強度は、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときにSBSが発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも強いことを特徴とするものである。

【0039】また、請求項27に記載の光送信方法は、請求項23に記載の発明の特徴に加え、前記多重化してWDM信号とする各光信号の強度は、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときにSBSが発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも強いことを特徴とするものである。

【0040】また、請求項28に記載の光送信方法は、少なくとも6つの光信号を混合して波長分割多重(WDM)信号とし、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときに誘導ブリルアン散乱(SBS)が発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも、光信号1つ当たりの強度において強い前記WDM信号を、該光伝送路へ送信する、ことを特徴とするものである。

【0041】また、請求項29に記載の光送信方法は、請求項28に記載の発明の特徴に加え、前記多重化してWDM信号とする各光信号の強度は、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときにSBSが発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも強いことを特徴とするものである。

【0042】また、請求項30に記載の光通信システムは、光伝送路と、複数の光信号を多重化してなる波長分割多重(WDM)信号であって、単一の光信号を個々に前記光伝送路へ送信したときに誘導ブリルアン散乱(SBS)が発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも、光信号1つ当たりの強度において強くした該WDM信号を該光伝送路へ送信する送信機と、前記光伝送路を通して伝送された前記WDM信号を受信する受信機と、を有することを特徴とするものである。

【0043】また、請求項31に記載の光通信システムは、請求項30に記載の発明の特徴に加え、前記WDM信号は、該WDM信号を構成するそれぞれの光信号の強度が、単一の光信号を個々に前記光伝送路へ送信したときにSBSが発生する強度の閾値よりも強くなるように送信されることを特徴とするものである。

【0044】また、請求項32に記載の光通信システムは、請求項30に記載の発明の特徴に加え、前記WDM信号は、少なくとも6つの前記光信号が多重化されていることを特徴とするものである。

【0045】また、請求項33に記載の光受信装置は、光伝送路を通して伝送され、複数の光信号を多重化して

なる波長分割多重 (WDM) 信号であって、単一の光信号を個々に該光伝送路へ送信したときに誘導ブリルアン散乱 (SBS) が発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも、光信号1つ当たりの強度において強くした該WDM信号を受信する受信器を有することを特徴とするものである。

【0046】また、請求項34に記載の光受信装置は、請求項33に記載の発明の特徴に加え、前記WDM信号は、該WDM信号を構成するそれぞれの光信号の強度が、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときにSBSが発生する強度の閾値よりも強くなるように送信されていることを特徴とするものである。

【0047】また、請求項35に記載の光受信装置は、請求項33に記載の発明の特徴に加え、前記WDM信号は、少なくとも6つの前記光信号が多重化されていることを特徴とするものである。

【0048】また、請求項36に記載の光伝送方法は、複数の光信号を多重化してなる波長分割多重 (WDM) 信号であって、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときに誘導ブリルアン散乱 (SBS) が発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも、光信号1つ当たりの強度において強くした該WDM信号を該光伝送路へ送信し、前記光伝送路を通して伝送された前記WDM信号を受信する、ことを特徴とするものである。

【0049】また、請求項37に記載の光伝送方法は、請求項36に記載の発明の特徴に加え、前記WDM信号は、該WDM信号を構成するそれぞれの光信号の強度が、単一の光信号を個々に前記光伝送路へ送信したときにSBSが発生する強度の閾値よりも強くなるように送信されることを特徴とするものである。

【0050】また、請求項38に記載の光伝送方法は、請求項36に記載の発明の特徴に加え、前記WDM信号は、少なくとも6つの前記光信号が多重化されていることを特徴とするものである。

【0051】また、請求項39に記載の光受信方法は、光伝送路を通して伝送され、複数の光信号を多重化してなる波長分割多重 (WDM) 信号であって、単一の光信号を個々に該光伝送路へ送信したときに誘導ブリルアン散乱 (SBS) が発生する該単一の光信号の強度の閾値よりも、光信号1つ当たりの強度において強くした該WDM信号を受信することを特徴とするものである。

【0052】また、請求項40に記載の光受信方法は、請求項39に記載の発明の特徴に加え、前記WDM信号は、該WDM信号を構成するそれぞれの光信号の強度が、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信したときにSBSが発生する強度の閾値よりも強くなるように送信されていることを特徴とするものである。

【0053】また、請求項41に記載の光受信方法は、請求項39に記載の発明の特徴に加え、前記WDM信号は、少なくとも6つの前記光信号が多重化されているこ

とを特徴とするものである。

#### 【0054】

【発明の実施の形態】図1は、SBSを抑圧している光信号の特性を測定する光通信システムを説明する図であり、本発明の実施例である。図1において、半導体レーザ (LD) 1-1~1-8は、光信号をそれぞれ放射する。光信号それぞれは他の光信号とは異なる波長であることが望ましく、こうすることで、伝送する情報の異なったチャンネルをそれぞれの光信号が表すようになる。光カプラ (CPL) 2はそれらの光信号を多重化してWDM信号とするものであり、光変調器3は、そのWDM信号を変調するものである。光変調器3は、パルスパターンジェネレータ (PPG) 3-1からのNRZ信号を使用するPN23段の擬似ランダムパターンの信号でデジタル振幅変調することが望ましい。PN23段の擬似ランダムパターンの詳細については後述する。

【0055】偏波スクランブラ (SCR) 4は、WDM信号をスクランブルせずに通過させる。光増幅器5-1及び5-2は、WDM信号を増幅し、例えば、ピュアシリカファイバより成る光伝送路6へ送信する。光伝送路6の全長は、例えば、140kmとする。

【0056】光伝送路6に入力された光の強度は、減衰器7-2を介して光強度モニタ8-2で検出される。更に、SBSが発生した場合には、光が光伝送路6を戻ってくる。この戻り光は、減衰器7-1を介して光強度モニタ8-1で検出される。

【0057】図1には、E/Oモジュール3-3及びパルスパターンジェネレータ (PPG) 3-2も図示されているが、これらの詳細については後述する。図2は、本発明の実施例で用いる半導体レーザ1-1~1-8のSBSの閾値を示すグラフである。図2では、水平軸が $P_{IN}$ 、すなわち、光強度モニタ8-2で検出された強度を表している。垂直軸は $P_{BACK}/P_{IN}$ 、すなわち、光強度モニタ8-2で検出された強度に対する光強度モニタ8-1で検出された強度の比を表している。

【0058】図2に示した例では、半導体レーザ1-1で発生させた光信号の波長は1553.9nmであり、以下、この値をW1とする。半導体レーザ1-2で発生させた光信号の波長は1554.9nmであり、以下、この値をW2とする。半導体レーザ1-3で発生させた光信号の波長は1555.9nmであり、以下、この値をW3とする。半導体レーザ1-4で発生させた光信号の波長は1556.9nmであり、以下、この値をW4とする。半導体レーザ1-5で発生させた光信号の波長は1557.9nmであり、以下、この値をW5とする。半導体レーザ1-6で発生させた光信号の波長は1558.9nmであり、以下、この値をW6とする。半導体レーザ1-7で発生させた光信号の波長は1559.9nmであり、以下、この値をW7とする。半導体レーザ1-8で発生させた光信号の波長は1560.9

nmであり、以下、この値をW8とする。

【0059】図2に示されているように、半導体レーザで発生させた各光信号のSBSの閾値は固定されておらず、8 dBmから11 dBmの範囲にある。更に、それぞれの波長では概略似た形状の特性曲線を示している。前述したように、SBSの閾値は、光伝送路6を通じて半導体レーザへ戻ってくる光の原因となる光信号のレベルで決まる。図3は、本発明の実施例である図1に示す光通信システムで、波長多重光信号の多重数を増加させたときのSBSの閾値を示すグラフである。より正確に述べるのであれば、図3は、図2に示されている状態の半導体レーザ1-1から始めて、異なる波長の複数の光信号を一つずつ加えていった場合を示す。図3では、W1は、半導体レーザ1-1単体で光信号を放射した場合を示している。また、W1-2は、半導体レーザ1-1及び1-2の両者から光信号が放射された場合を示している。W1-3は、半導体レーザ1-1~1-3から光信号が放射された場合を示している。同様に、半導体レーザをひとつずつ増加させてW1-8までのそれぞれの組み合わせにおけるSBSの閾値を測定している。

【0060】図3を参照すると、W1のSBSの閾値（すなわち、半導体レーザへ戻ってくる光の原因となる光伝送路6に入力された光のレベル）はほぼ8 dBmである。W1-2のSBSの閾値はほぼ10 dBmであり、1波当たり7 dBmである。W1-3のSBSの閾値はほぼ13 dBmであり、1波当たり8 dBmである。W1-4のSBSの閾値はほぼ14 dBmであり、1波当たり8 dBmである。W1-5のSBSの閾値はほぼ15 dBmであり、1波当たり8 dBmである。W1-6のSBSの閾値はほぼ16 dBmであり、1波当たり8.2 dBmである。W1-7のSBSの閾値はほぼ16 dBmであり、1波当たり7.5 dBmである。W1-8のSBSの閾値はほぼ16 dBmであり、1波当たり7 dBmである。

【0061】ここで、前述したSBSの閾値は図3から直接確認される。例えば、上に示したように、W1-2のSBSの閾値はほぼ10 dBmである。図3からは、このSBSの閾値は、W1-2では光がほぼ10 dBmの、戻り始めるところであることが分かる。前述した“1波当たり”の値（W1-2では“1波当たり”7 dBmという値）は図3のデータから容易に求めることが可能である。

【0062】図3に示すように、多重化する光信号、若しくは波長の数が6以上になると等しくなり、対応する特性曲線の勾配は小さくなる。より正確に述べると、SBSの増加の割合は、多重化する光信号の数が6以上に設定されることによって減少する。

【0063】従って、光伝送路6からの戻り光のレベルがSBSの閾値を超えて増加する割合は、多重化する光

信号、もしくは波長の数を6以上に設定することで減少させることが可能であり、それによって、SBSを抑圧することになる。

【0064】図4は、本発明の実施例である図1の光通信システムで、符号のパターンが変更されたときのSBSの閾値を示す図である。図4を参照すると、1010 W1-8は、W1からW8までの波長を持つWDM信号が、図1のパルスパターンジェネレータ3-1からの{1010}の交番信号で光変調器3で変調されているときの状態を示している。PN7 W1-8は、W1からW8までの波長を持つWDM信号が、擬似ランダムパターンがPN7の信号で変調されているときの状態を示している。PN23 W1-8は、W1からW8までの波長を持つWDM信号が、擬似ランダムパターンがPN23の信号で変調されているときの状態を示している。1010 W1は、W1のみの波長を持つ光が、{1010}の交番信号で変調されているときの状態を示している。PN23 W1は、W1のみの波長を持つ光が、擬似ランダムパターンがPN23の信号で変調されているときの状態を示している。

【0065】図4に示されているように、多重化する光信号、もしくは波長の数が一定のときは、周期の長い擬似ランダムパターンほど高いSBSの抑圧効果を産み出している。

【0066】図5は、本発明の実施例である図1に示す光通信システムで、符号のパターンが変更されたときのSBSの閾値を示す別の図である。より正確に言えば、図1において、半導体レーザ1-1~1-7がW1からW7までの波長の光信号をそれぞれ発生させ、それらがE/Oモジュール3-3で変調された場合を図5は示している。E/Oモジュール3-3は、波長W0（1552.0 nm）の光を共通の符号パターン及びパルスパターンジェネレータ3-2で発生させたパターンを用いて発生させるものである。変調された光信号は光カプラ2-2で混合されて光伝送路6へと供給される。

【0067】W0 1010 W1-W7 PN23は、W0は{1010}の交番信号を用いて変調され、W1からW7はPN23の擬似ランダムパターンを用いて変調されていることを示している。W0 PN23 W1-W7 PN23は、W0及びW1からW7の全てがPN23の擬似ランダムパターンを用いて変調されていることを示している。W0 1010 W1-W7 1010は、W0及びW1からW7の全てが{1010}の交番信号を用いて変調されていることを示している。W0 PN23 W1-W7 1010は、W0はPN23の擬似ランダムパターンを用いて変調され、W1からW7は{1010}の交番信号を用いて変調されていることを示している。

【0068】図5に示されているように、周期の長い擬似ランダムパターンほど高いSBSの抑圧効果を産み出



している。図6は、図1に示す本発明の実施例での半導体レーザのスペクトラム特性を示す図である。より正確に述べると、図6の(A)、(B)、(C)、(D)、(E)、(F)、(G)は、波長W1、W2、W3、W5、W6、W7、W8のひとつが単独で対応する半導体レーザ1-1から1-8から放射されたときのスペクトラムを測定して示したグラフである。半導体レーザ1-4は不安定であったため、W4の測定結果は提供できなかった。

【0069】W1~W8の8つを多重化した光信号全体の光伝送路6への入力強度は23dBmであった。図7は、光伝送路6の出力端(140km)で測定されたスペクトラムであり、それぞれW1からW8までの8つの波長を多重化した光信号が23dBmで光伝送路6に入力されたときの、異なる符号パターン間での特性の違いを示すグラフである。

【0070】より正確に述べると、図7(A)は、W1からW8までの8つの波長を多重化し、PN23の変調信号を使用しているときの波長W1のスペクトラムを示している。図7(B)は、W1からW8までの8つの波長を多重化し、{1010}の交番信号を使用しているときの波長W1のスペクトラムを示している。図7

(C)は、W1からW8までの8つの波長を多重化し、PN23の変調信号を使用しているときの波長W8のスペクトラムを示している。図7(D)は、W1からW8までの8つの波長を多重化し、{1010}の交番信号を使用しているときの波長W8のスペクトラムを示している。

【0071】PN23の変調信号を使用して得られたスペクトラムは、図6や図7(B)、(D)の各スペクトラムと比べてほぼ10倍に広がっていることが分かる。図8は、波長W1からW8までが多重化されているときの、波長W1のスペクトラムと光伝送路6に入力される光の強度との間の関係を示すグラフである。図8(A)は、光伝送路6への10dBmの光の入力を示している。図8(B)は、光伝送路6への、W1からW8までの8つが多重化された光全体で19dBmの光の入力の強度を示している。図8(C)は、光伝送路6への光全体で21dBmの光の入力の強度を示している。図8

(D)は、光伝送路6への光全体で23dBmの光の入力の強度を示している。

【0072】図9は、波長W1からW8までが多重化されているときの、波長W5のスペクトラムと光伝送路6に入力される光の強度との間の関係を示すグラフである。図9(A)は、光伝送路6への10dBmの光の入力を示している。図9(B)は、光伝送路6への19dBmの光の入力の強度を示している。図8(C)は、光伝送路6への21dBmの光の入力の強度を示している。図8(D)は、光伝送路6への23dBmの光の入力の強度を示している。

【0073】図10は、波長W1からW8までが多重化されているときの、波長W8のスペクトラムと光伝送路6に入力される光の強度との間の関係を示すグラフである。図10(A)は、光伝送路6への10dBmの光の入力を示している。図10(B)は、光伝送路6への19dBmの光の入力の強度を示している。図10(C)は、光伝送路6への21dBmの光の入力の強度を示している。図10(D)は、光伝送路6への23dBmの光の入力の強度を示している。

【0074】その結果、図8から図10にかけて示されているように、光伝送路6へ入力されるWDM信号の強度が増加すれば、それぞれの波長のスペクトラムは広がることが分かる。最も短いW1の波長では、線スペクトルに対して長い波長の方へスペクトラムが広がる。また、最も長いW8の波長では、線スペクトルに対して短い波長の方へスペクトラムが広がる。その中間のW5の波長では、線スペクトラムに対して両側にスペクトラムが広がる。

【0075】図11は、光伝送路へ入力されるWDM信号が21dBmの光の強度での波長W3のスペクトラムを示すグラフである。図11に示されている特性を図8及び図9に示されている特性とを比較すると、最短の波長であるW1と、中間の波長であるW5との間の傾向が分かる。すなわち、スペクトラムは線スペクトラムに対して波長の長い方へ広がっている。

【0076】図8から図11までを参照すると、半導体レーザ1-1及び1-8の波長多重化した光信号の出力を増加させると、多重化した波長の中心を境として、長い波長は短い波長の方へそのスペクトラムを上げ、一方、短い波長は長い波長の方へそのスペクトラムを上げている。そして、長い波長と短い波長との中間の多重化した波長では、長い波長と短い波長との両方へそのスペクトラムを上げている。

【0077】図12(A)は、光伝送路6への入力が15dBで波長W1が停止しているときのスペクトラムを示す。図12(B)は、光伝送路6への入力が15dBで波長W5が停止しているときのスペクトラムを示す。図12(C)は、光伝送路6への入力が15dBで波長W8が停止しているときのスペクトラムを示す。図12は、W1からW8までの多重化された波長の一つを停止したときの波長の特性を示すグラフである。図12

(D)は、光伝送路6への入力が23dBで波長W1が停止しているときのスペクトラムを示す。図12(E)は、光伝送路6への入力が23dBで波長W5が停止しているときのスペクトラムを示す。図12(F)は、光伝送路6への入力が23dBで波長W8が停止しているときのスペクトラムを示す。

【0078】23dBmが光伝送路6に入力されると、4光子混合であるスペクトラムがわずかに検出される。図2から図12をまとめると、信号光、もしくは波長の

多重化の数が6以上であると、SBSは抑圧されている。

【0079】その上、信号パターンの擬似ランダムの特徴が長くなるほど、SBSの抑圧効果が高くなる。信号パターンが{1010}のときは、SBSは減少しない。波長を多重化した場合、SBSの発生する閾値は、一波当たりの光強度とスペクトルの線幅で決まる。

【0080】波長多重伝送において、信号パターンが擬似ランダムに設定されるときには、伝送信号のスペクトラムの線幅は広がる傾向がある。この点を考慮すると、半導体レーザからの光のスペクトラムの線幅は光伝送路6の非線形効果（例えば、Cross-Phase Modulation: XPMなど）により広がり、SBSが抑圧されると予測される。

【0081】効果的にSBSを抑圧するには、スペクトラムの線幅は、光が光伝送路6に入力された後の早い段階で広がっていることが必要である。図13は、光通信システムの送信側を示す図であり、本発明の実施例である。図13を参照すると、この光通信システムは、光変調器31~38（光変調器31及び38のみが示されている）、駆動ドライバ3-41~3-48（駆動ドライバ3-41及び3-48のみが示されている）、スクランブラ3-51~3-58（スクランブラ3-51及び3-58のみが示されている）、光減衰器10-1~10-8（光減衰器10-1及び10-8のみが示されている）、光アイソレータ8、光増幅器5-1及び5-2、そして分散補償器9を有している。しかしながら、この光通信システムの送信側としては、様々の異なる構成にすることが可能であり、本発明はある特定の構成に限定することを意図しているものではない。

【0082】半導体レーザ1-1~1-8から放射される波長の間隔は、XPMの影響を強くするために、1nm以下に設定されることが望ましい。更に、スクランブラ3-51~3-58への入力信号はNRZ信号として、XPMの影響を強くすることが望ましい。この例では、図4に示される測定結果に基づいて、擬似ランダムパターンでPN7以上に相当する、M系列7段以上のスクランブルをかけることが望ましい。

【0083】スクランブラ3-51からの信号出力は、光変調器31を駆動する駆動ドライバ3-41に入力され、光変調器31によって半導体レーザ1-1からの光は変調される。XPMの影響を強くするように光を変調するために、この光はデジタル振幅変調されることが望ましい。

【0084】光変調器31からの出力は光減衰器10-1に入力されるが、その出力レベルは、他の半導体レーザからの光のレベルと光増幅器の利得との関係により制御されている。

【0085】半導体レーザ1-2~1-8で発生させた光は、半導体レーザ1-1で発生させた光と同様にスク

ランブルがかけられ、処理される。光減衰器10-1からの出力は、WDM信号を生成するために、半導体レーザ1-2~1-8からの出力と光カプラ2で波長多重化される。光カプラ2からのWDM信号の偏波は偏波スクランブラ4でスクランブルがかけられ、光増幅器5-1で増幅される。

【0086】光増幅器5-1からの出力は、光アイソレータ8を介して光増幅器5-2へ接続されている。光増幅器5-1及び5-2は、エルビウムドープファイバ（Erbium Doped Fiber; EDF）から成り、それぞれの増幅器は異なる利得を持たせることで増幅帯域を平坦化することが望ましい。光増幅器5-2からの出力は、単一の波長の光を伝送させたときに光伝送路6でSBSが発生する閾値である光の強度よりも強くする。

【0087】光増幅器5-2からの出力は、光伝送路6の端に設けられている分散補償器9を介して光伝送路6に入力される。分散補償器9は、光伝送路6の分散を補償するだけでなく、分散補償器9の種類及び分散補償量を所定の値に設定することによって非線形効果を意図的に発生させ、光を光伝送路6へ入力した後の早い段階でのスペクトラムの幅の拡大を可能とするものである。

【0088】効果的な分散補償器9としては、最大の非線形効果を示し、かつ、光伝送路の分散補償の効果を保証できる、例えば、分散補償ファイバ（Dispersion Compensation Fiber; DCF）、又は、分散シフトファイバ（Dispersion Shifted Fiber; DSF）、が使用できる。

【0089】図14は、光通信システムの受信側を示す図であり、本発明の実施例である。図14を参照すると、WDM信号は光伝送路6を通して伝送され、プリアンプ22で増幅される。分散補償器24は分散を補償するために備えられている。分波器26は、WDM信号を、受信器28-1~28-8で検出される個々の信号光に分波するものである。受信器28-1~28-8としては、例えば、PINフォトダイオード、あるいはAPDダイオードが使用可能である。もちろん、光通信システムの受信側としては、様々の異なる構成にすることが可能であり、本発明はある特定の構成に限定することを意図しているものではない。

【0090】上述した本発明の実施例によれば、光伝送路を通して伝送させるWDM信号の光の強度を、光伝送路中を単一の光を伝送させたときにSBSが発生する光の強度より強くなるように設定することにより、SBSを抑圧することが可能である。更に、入力信号をM系列で7段以上のスクランブルをかけることにより、SBSの抑圧効果を改善することが可能である。また、SBSの抑圧効果は、NRZの入力信号を用いること、光の振幅をデジタル変調すること、あるいは、波長の間隔を1nm以下にすること、によっても改善が可能である。

【0091】前述した本発明の実施例では、それぞれ個

々の光信号を発生させる半導体レーザを特定数有する光通信システムを示している。しかしながら、本発明は、半導体レーザの数や波長多重信号光の多重数にある値に限定することを意図しているものではない。更に、本発明は、光源をある特定の形式のものを使用することに限定することを意図しているものではない。

【0092】従って、本発明の実施例によれば、WDM信号は、単一の光信号を個々に光伝送路へ送信するとSBSが発生する強度の閾値よりも、光信号1つ当たりの強度を強くして光伝送路へ送信される。例えば、図1において、半導体レーザ1-1~1-8は、単一の信号光でSBSが発生する閾値よりも強い強度の個々の光信号をそれぞれ発生させることが可能である。これらの比較的強度の強い光信号は混合されて、光伝送路6を伝送させる比較的強い強度のWDM信号となる。本発明は、この状況、特に少なくとも6つの光信号が多重化されるとき、で、SBSが実質的に減少もしくは除去されるということである。このことは、WDM信号中の光信号のそれぞれが単一の光信号でSBSが発生する閾値よりも強度を弱くすることを要求される従来技術とは対照的である。

【0093】上述した本発明のいくつかの実施例において、擬似ランダムパターンの使用に関し、PN7あるいはPN23を用いると説明した。擬似ランダムパターンは、一定の周期を持つランダムパターンを供給するために、標準的で、周知である試験パターンのガイドラインに従って発生させている。擬似ランダムパターンを発生させることはいわゆる当業者にとっては周知の技術である。

【0094】例えば、そのような擬似ランダムパターンは、フリップフロップなどの論理構成を適切なパターンが供給されるように組み合わせることにより発生させる。例えば、PN7の擬似ランダムパターンとは、 $(2^7 - 1)$  ビットの周期を有するランダムパターンを生成するために、フリップフロップなどの論理要素のステージを7段に接続して発生させるものである。同様に、例えば、PN23の擬似ランダムパターンは、 $(2^{23} - 1)$  ビットの周期を有するランダムパターンを生成するために、フリップフロップなどの論理要素のステージを23段に接続して発生させるものである。PN23の擬似ランダムパターンは、PN7の擬似ランダムパターンよりも長い周期のランダムパターンを持っている。

【0095】従って、あるパターンは、そのパターンを生成するための段数に関係させて説明することができるのである。例えば、7段のパターンは、 $(2^7 - 1)$  ビットの周期を有するパターンである。PN7とはそのような7段のパターンがあるということである。7段のパターンよりも長いパターンであれば、7段よりも長いステージを持ち、 $(2^7 - 1)$  ビットの周期を有しているはずである。PN23は、PN7よりも長いパターンで

あり、従って、 $(2^7 - 1)$  ビットよりも長い周期を有している。こういったパターンを生成するステージを使用することは周知である。

【0096】従って、前述した本発明の実施例では、7段以上でスクランブルをかけられているデータを用いて強度変調されている光信号と関係を有し、その結果、SBSを抑圧している。前述したように、この場合、7段以上とは、 $(2^7 - 1)$  ビット以上の周期を持つパターンということを示すものである。

10 【0097】図15は、多段接続されたシフトレジスタを使用する擬似ランダムパターンの生成を示す表である。図16は、図15の表に従ったパターン生成回路を示す図である。図15及び図16は、アンリツ製パルスパターンジェネレータMP1650Aインストラクションブックの第6章、動作原理に記載されているものである。

【0098】擬似ランダムパターンの生成については、例えば、国際電気通信連合(ITU)、国際電信電話諮問委員会(CCITT)の、“Specification of Measuring Equipment, Error Performance Equipment Operating At The Primary Rate And Above”勧告O.151、1992年10月、もしくは、国際電気通信連合(ITU)、国際電気通信連合の電気通信標準化部門(ITU-T)の、“General requirements for instrumentation for performance measurements on digital transmission equipment”勧告O.150、1996年5月、からも理解可能である。

【0099】前述した本発明の実施例においては、送信機がWDM信号を光伝送路へ送信している。例えば、図1において、各半導体レーザ1-1~1-8が光カプラ2と組み合わせ、WDM信号を送信する送信機を構成している。同様に、例えば、図13において、各半導体レーザ1-1~1-8、光カプラ2、及び半導体レーザと光カプラとの間の他の各種の要素とが組み合わせ、WDM信号を送信する送信機を構成している。しかしながら、WDM信号を送信する送信機としては多くの異なる態様があり、本発明は、ある特定の態様に限定するものではない。

【0100】同様に、前述した本発明の実施例においては、受信機がWDM信号を光伝送路から受信している。例えば、図14において、分波器26及び個々の受信器28-1~28-8は組み合わせ、WDM信号を受信する受信機が構成されている。あるいは、異なる態様で、受信器28-1のような個々の受信器がWDM信号を受信することが可能であれば、その結果、WDM信号を直接受信する受信機を考慮してもよい。従って、WDM信号を受信する受信機としては多くの異なる態様があり、本発明は、ある特定の態様に限定するものではない。

50 【0101】前述した本発明の実施例において、SBS

は、入力される光伝送路の強度のレベルに関係していると述べられている。一般的には、SBSは光の波長にも関係することには注目すべきである。しかしながら、WDMを使用する光通信システムにおいては、WDMの帯域幅は比較的狭いので、その結果、SBSの波長依存性は無視可能である。

#### 【0102】

【発明の効果】本発明は、以上詳細に説明したように構成されているので、光伝送路を伝送させるWDM信号の光の強度を、光伝送路中を単一の光を伝送させたときにSBSが発生する光の強度より強くなるように設定することにより、SBSを抑圧することが可能である。更に、入力信号をM系列で7段以上のスクランブルをかけることにより、SBSの抑圧効果を改善することが可能である。また、SBSの抑圧効果は、NRZの入力信号を用いること、光の振幅をデジタル変調すること、あるいは、波長の間隔を1nm以下にすること、によっても改善が可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例である、SBSを抑圧している光信号の特性を測定する光通信システムを説明する図である。

【図2】本発明の実施例である図1の光通信システムに用いる半導体レーザのSBSの閾値を示すグラフである。

【図3】本発明の実施例である図1に示す光通信システムで、波長多重光信号の多重数を増加させたときのSBSの閾値を示すグラフである。

【図4】本発明の実施例である図1の光通信システムで、符号のパターンが変更されたときのSBSの閾値を示す図である。

【図5】本発明の実施例である図1に示す光通信システムで、符号のパターンが変更されたときのSBSの閾値を示す別の図である。

【図6】図1に示す本発明の実施例での半導体レーザのスペクトラム特性を示す図である。

【図7】本発明の実施例で、異なる信号パターンにおけるスペクトラム特性を示すグラフである。

【図8】本発明の実施例で、多重化された波長の出力が増加するときにおける波長W1の特性を示すグラフであ

る。

【図9】本発明の実施例で、多重化された波長の出力が増加するときにおける波長W5の特性を示すグラフである。

【図10】本発明の実施例で、多重化された波長の出力が増加するときにおける波長W8の特性を示すグラフである。

【図11】本発明の実施例で、W3の波長の特性を示すグラフである。

【図12】本発明の実施例で、多重化された波長の出力での4光子混合の特性を示す図である。

【図13】本発明の実施例の光通信システムの送信側を示す図である。

【図14】本発明の実施例の光通信システムの受信側を示す図である。

【図15】多段接続されたシフトレジスタを使用する擬似ランダムパターンの発生を示す表である。

【図16】図15の表に従ったパターン生成回路を示す図である。

#### 【符号の説明】

1-1～1-8 半導体レーザ (LD)

2、2-2、2-3 光カプラ (CPL)

3 光変調器

3-1、3-2 パルスパターンジェネレータ (PPG)

3-3 E/Oモジュール

4 偏波スクランブラ (SCR)

5-1、5-2 光増幅器

6 光伝送路

7-1、7-2 減衰器

8-1、8-2 光強度モニタ

31、38 光変調器

3-41、3-48 駆動ドライバ

3-51、3-58 スクランブラ

10-1、10-8 光減衰器

8 光アイソレータ

9、24 分散補償器

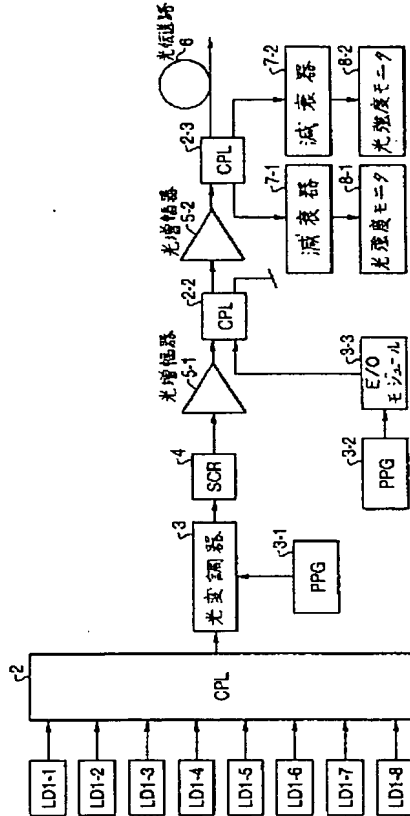
22 プリアンプ

26 分波器

28-1～28-8 受信器 (PIN)

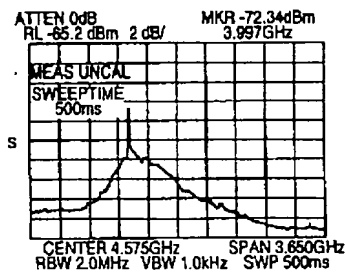
【図 1】

本発明の実施例であるSBSを抑制している  
光信号の特性を測定する光通信システムを説明する図



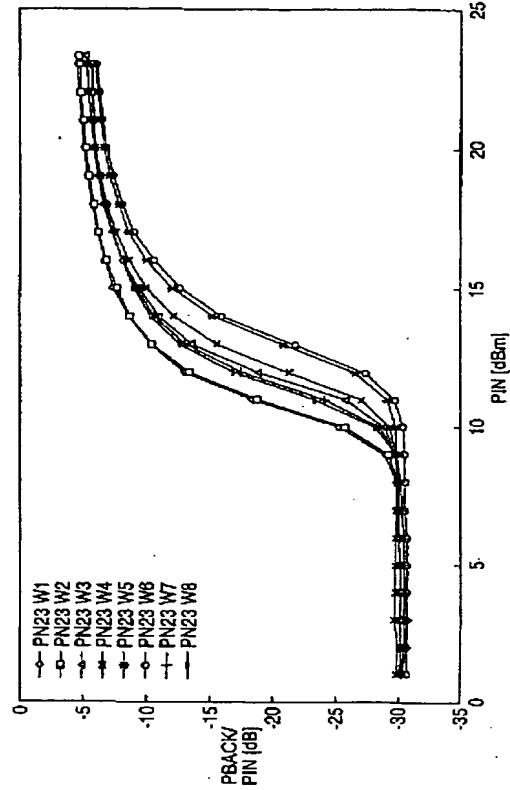
【図 11】

本発明の実施例で、W3の波長の特性を  
示すグラフ



【図 2】

本発明の実施例である図1の光通信システムに用いる  
半導体レーザのSBSの閾値を示すグラフ



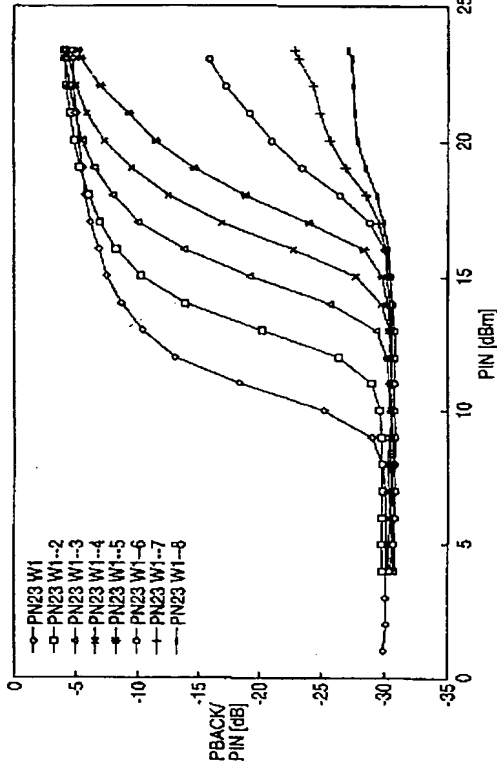
【図 15】

多段接続されたシフトレジスタを使用する  
擬似ランダムパターンの発生を示す表

周期	生成多項式	生成パターン
27-1	$1 + X^6 + X^7$	出力: 1 2 3 4 5 6 7
28-1	$1 + X^5 + X^9$	出力: 1 2 3 4 5 6 7 8 9
211-1	$1 + X^9 + X^{11}$	出力: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
215-1	$1 + X^{14} + X^{15}$	出力: 1 2 3 4 ..... 13 14 15
220-1	$1 + X^3 + X^{20}$	出力: 1 2 3 4 5 ..... 17 18 19 20
223-1	$1 + X^{18} + X^{23}$	出力: 1 2 3 ..... 16 17 18 19 20 21 22 23
281-1	$1 + X^{28} + X^{31}$	出力: 1 2 3 ..... 27 28 29 30 31

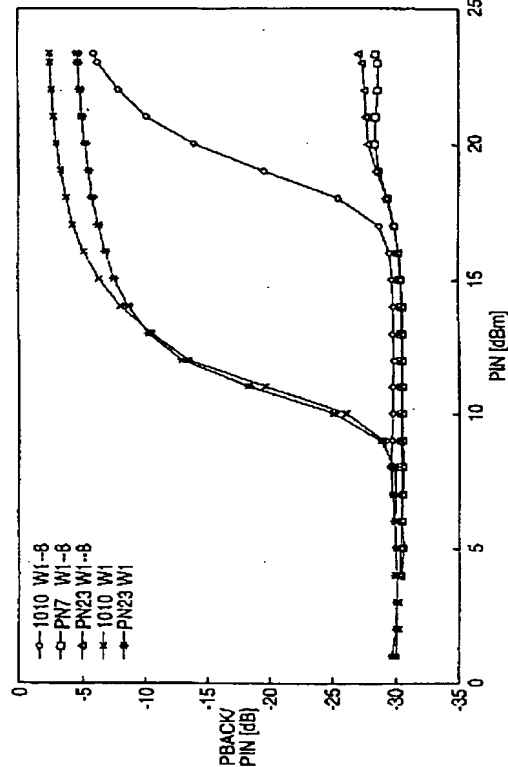
【図3】

本発明の実施例である図11に示す光通信システムで、  
波長多重光信号の多重数が増加するときのSBSの閾値を  
示す図



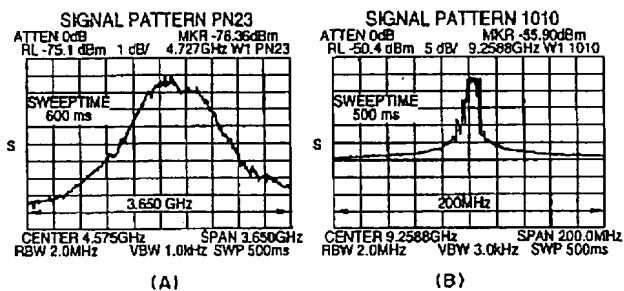
【図4】

本発明の実施例である図12の光通信システムで、  
符号のパターンが変更されたときのSBSの閾値を示す図



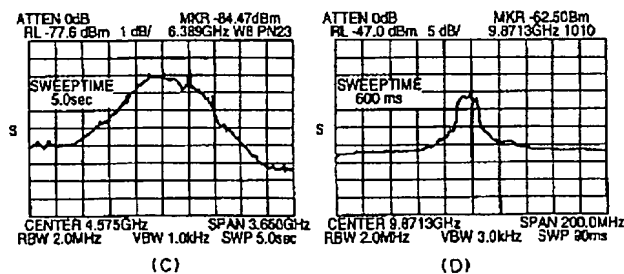
【図7】

本発明の実施例で異なる信号パターンにおける  
スペクトラム特性を示すグラフ



(A)

(B)

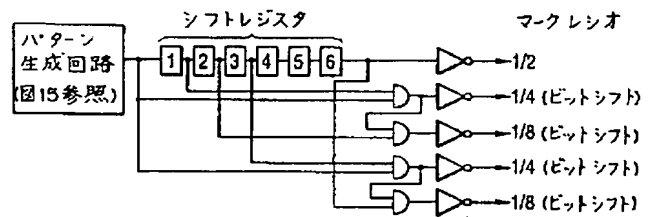


(C)

(D)

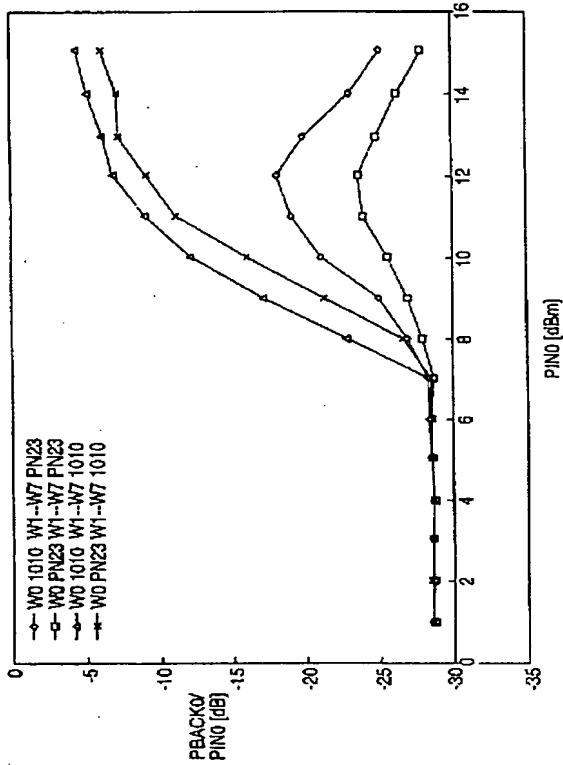
【図16】

図15の表に従ってパターン生成回路を示す図



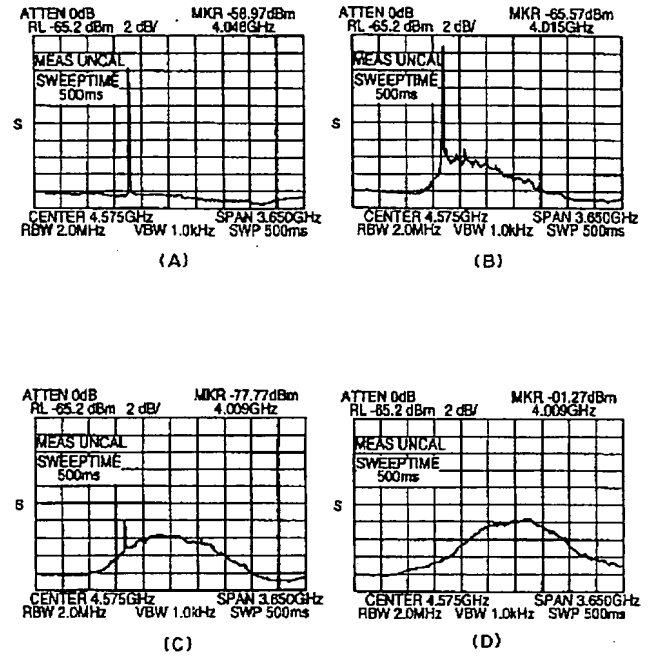
【図5】

本発明の実施例である図1に示す光通信システムで、  
符号のパターンが変更されたときのSBSの閾値を示す別の図



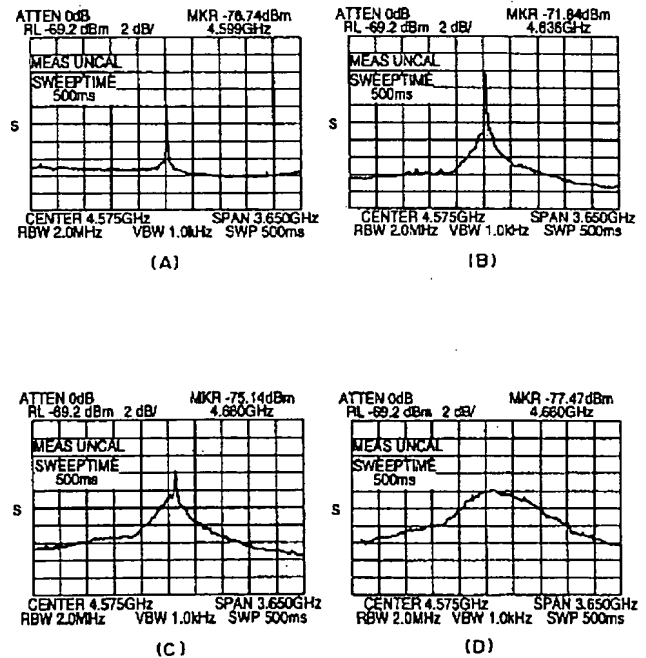
【図8】

本発明の実施例で、多重化された波長の出力が  
増加するときにおける波長W1の特性を示すグラフ



【図9】

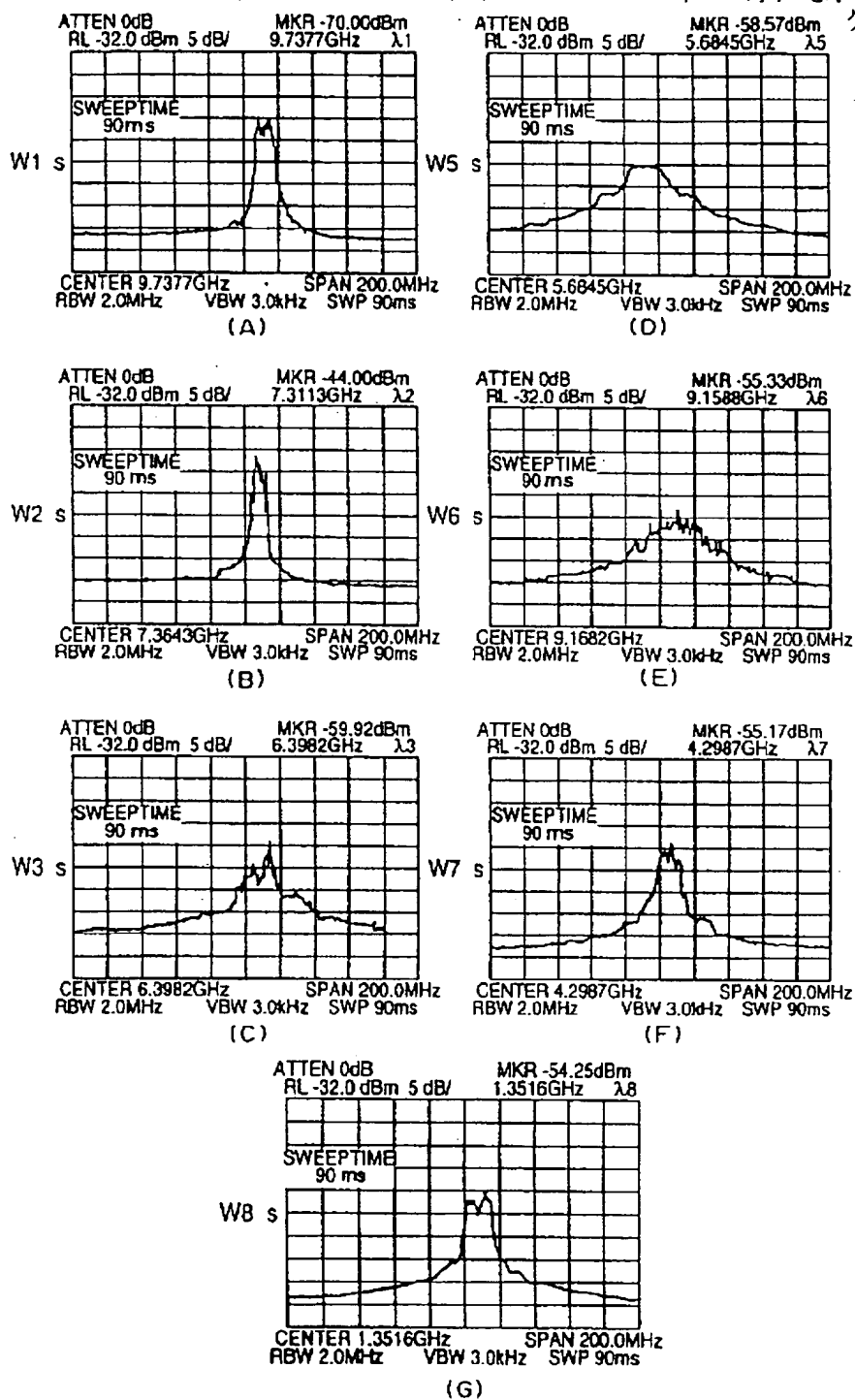
本発明の実施例で、多重化された波長の出力が  
増加するときにおける波長W5の特性を示すグラフ



【図6】

図1に示す本発明の実施例での半導体レーザのスペクトラム特性を示す

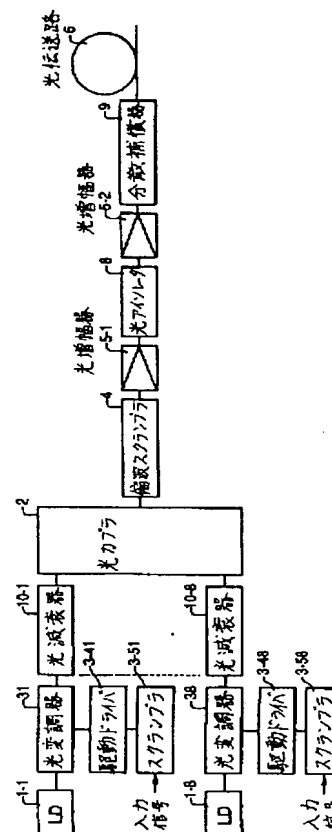
グラフ





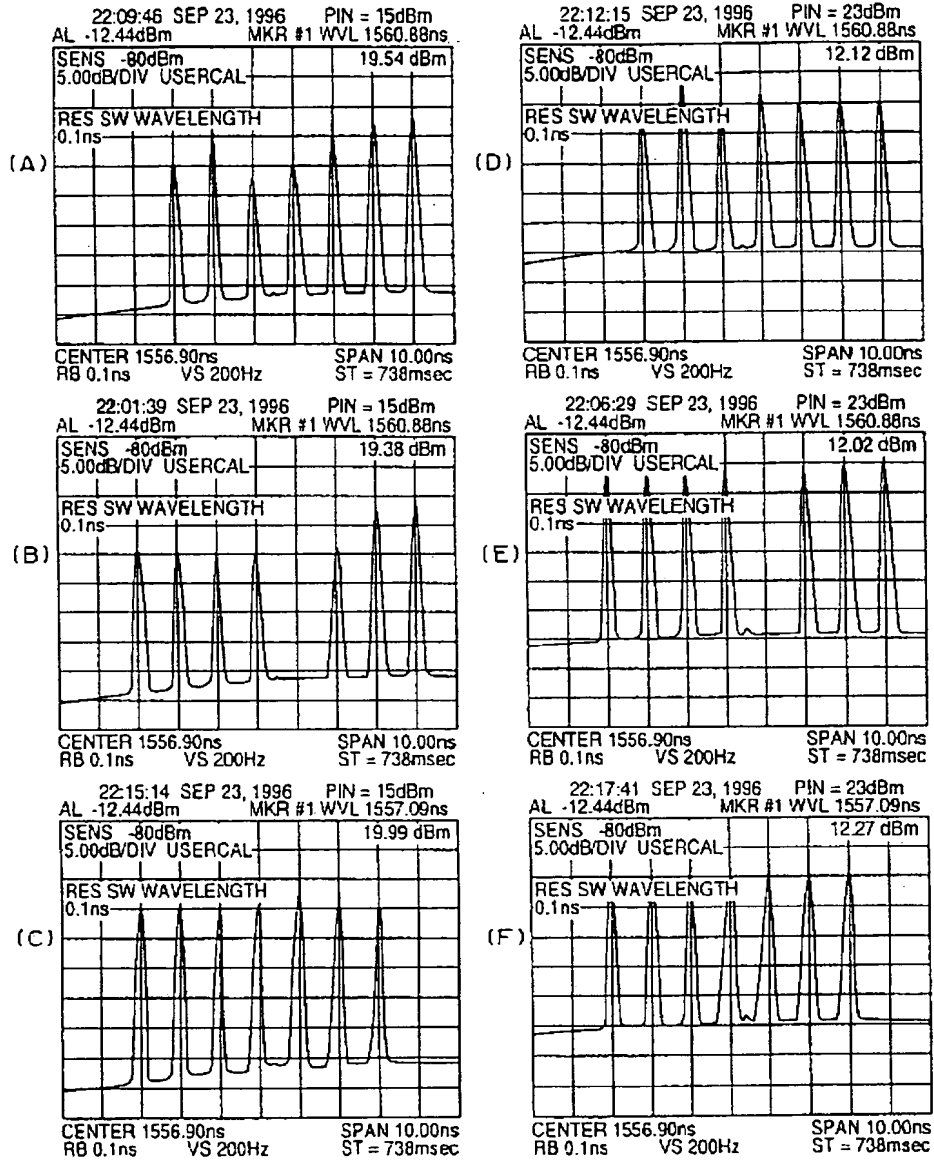
【图 13】

本発明の実施例の光通信システムの送信側を示す図



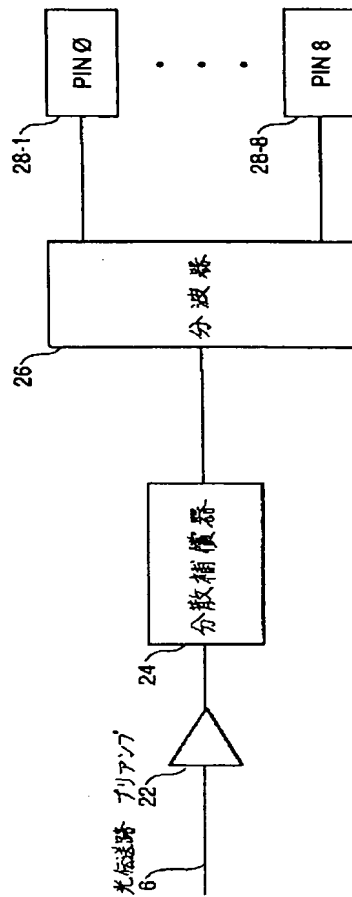
【図 12】

本発明の実施例で多重化された波長の出力での4光子混合の特性を示す図



【図14】

本発明の実施例の  
光通信システムの  
受信側を示す図



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

H04J 14/02

1/00

識別記号

F I